

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-65238

(43) 公開日 平成10年(1998) 3月6日

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>  
H01S 3/08  
3/094

識別記号

F I  
H01S 3/08  
3/094

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全6頁)

(21) 出願番号 特願平8-222576

(22) 出願日 平成8年(1996) 8月23日

(71) 出願人 000003263

三菱電線工業株式会社  
兵庫県尼崎市東向島西之町8番地

(71) 出願人 000006264

三菱マテリアル株式会社  
東京都千代田区大手町1丁目5番1号

(72) 発明者 三宅 和幸

兵庫県伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線  
工業株式会社伊丹製作所内

(72) 発明者 只友 一行

兵庫県伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線  
工業株式会社伊丹製作所内

(74) 代理人 弁理士 高島 一

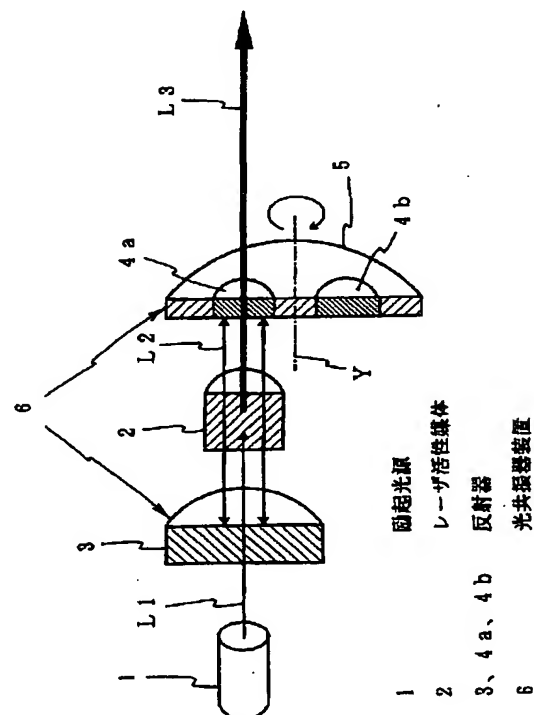
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 固体レーザ装置

(57) 【要約】

【課題】 コンパクトで簡単な構造でありながら複数種類の波長のレーザ光を容易に切り換えて出力することが可能な多色固体レーザ装置を提供すること。

【解決手段】 波長上方変換レーザ装置であって、励起光源1と、該励起光源からの光L1を波長上方変換し複数のピーク波長光として放出し得る希土類含有塩化物からなるレーザ活性媒体2と、光共振器装置6とを有する。光共振器装置6は、レーザ活性媒体から発せられる光をレーザ発振させ得る光路上においてレーザ活性媒体を1対で挟む反射器の組を(3、4a)、(3、4b)のように複数組備える。その複数組のうちの1組が、レーザ発振させ得る光路上に他の組と交換自在に配置される。反射器の各組は、複数のピーク波長光のうちからその組に特有の1つのピーク波長光だけを選択的にレーザ発振させる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 波長上方変換レーザ装置において、励起光源と、該励起光源からの光を波長上方変換し複数のピーク波長光として放出し得る希土類含有塩化物からなるレーザ活性媒体と、光共振器装置とを有し、該光共振器装置は、レーザ活性媒体から発せられる光をレーザ発振させ得る光路上においてレーザ活性媒体を 1 対で挟む反射器の組を複数組備え、その複数組のうちの 1 組が、レーザ発振させ得る光路上に他の組と交換自在にレーザ活性媒体を挟んで配置される構造を有し、反射器の各組は、前記複数のピーク波長光のうちから 1 つのピーク波長光だけを選択的にレーザ発振させるものであり、反射器の各組がレーザ発振させる特定のピーク波長光は反射器の組ごとに互いに異なる波長であり、一つのレーザ装置において異なる複数のピーク波長光が選択的にレーザ発振されるものであることを特徴とする固体レーザ装置。

【請求項 2】 波長上方変換レーザ装置において、励起光源と、該励起光源からの光を波長上方変換し複数のピーク波長光として放出し得る希土類含有塩化物からなるレーザ活性媒体と、光共振器装置とを有し、該光共振器装置は、レーザ活性媒体から発せられる光をレーザ発振させ得る光路上においてレーザ活性媒体を挟む 1 対の反射器のうち、一方の反射器を、固定された一つの反射器として共有されるものとし、他方の反射器を、複数の反射器と交換自在とすることにより、複数の反射器の組が形成されるものであって、これら他方の反射器は、前記複数のピーク波長光のうちから 1 つのピーク波長光だけを選択的に反射するものであり、その各々の反射器が反射するピーク波長光は反射器ごとに互いに異なる波長であり、前記一方の固定された一つの反射器は、前記他方の複数の反射器が反射するピーク波長光を全て反射するものであり、一つのレーザ装置において異なる複数のピーク波長光が選択的にレーザ発振されるものであることを特徴とする固体レーザ装置。

【請求項 3】 上記光共振器装置における、光路上の反射器と他の反射器とが自在に交換される構造が、光路外に置かれた一つの回転軸を中心として複数の反射器が回転的に移動することによって、反射器が一つずつ光路上に移動して交換される構造である請求項 1 または 2 記載の固体レーザ装置。

【請求項 4】 光路外に置かれた一つの回転軸を中心として複数の反射器が回転的に移動し交換される構造が、光路に平行な回転軸を中心として回転する回転板と、該回転板上の同一円周上に配置された複数の反射器とを有する構造である請求項 3 記載の固体レーザ装置。

【請求項 5】 上記光共振器装置における、光路上の反射器と他の反射器とが自在に交換される構造が、複数の反射器が同一直線上に配置され、直線的に移動することによって、反射器が一つずつ光路上に移動して交換され

る構造である請求項 1 または 2 記載の固体レーザ装置。

【請求項 6】 レーザ発振される光が、赤色、緑色、青色の領域の波長の光である請求項 1 ないし 5 いずれかに記載の固体レーザ装置。

【請求項 7】 レーザ活性媒体の希土類含有塩化物が、Er 含有塩化物結晶または Er 含有塩化物ガラスであって、励起光源からの光の波長が、790nm～840nm、965nm～985nm、または 1500nm～1550nm の中から選ばれる 1 種類以上の波長である請求項 1 ないし 6 いずれかに記載の固体レーザ装置。

【請求項 8】 Er 含有塩化物結晶が、ErBa<sub>2</sub>Cl<sub>3</sub>結晶であって、励起光源からの光の波長が、965nm～985nm である請求項 7 記載の固体レーザ装置。

【請求項 9】 各ピーク波長光におけるレーザ光の出力強度を均一とし得るように、反射器が反射率を調整されたものであることを特徴とする請求項 1 ないし 8 いずれかに記載の固体レーザ装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明が属する技術分野】本発明は、固体レーザ装置のうち波長上方変換レーザ装置に関し、詳しくは一つの装置で多色のレーザ光を切り換えて出力できる装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年、情報・表示などのディスプレイにおける多色化の要求、あるいは光化学反応、医療などの分野における要求によって、可視光領域での赤色や緑色、さらには青色から紫外光と種々の短波長レーザが、様々な目的のために強く求められている。

【0003】実際に、赤、緑、青色のレーザ光を発生するものには、各種固体レーザ（Nd:YAG など）の S HG 光を利用したものや、He-Ne レーザ、Ar レーザなどのガスレーザがある。また、固体レーザ装置の形態であるアップコンバージョンレーザ（レーザ活性媒体に含まれた希土類イオンの多段階励起によって、赤外の励起光から可視のレーザ光を発生するもの）も、赤外域のレーザ光を発する安価な半導体レーザなどで励起することで、赤色から青色までの種々の可視レーザ光を発振させることができる技術として注目されている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、これらのレーザ装置はいずれも単色であり、複数種の波長のレーザ光が必要である場合には、これらのレーザ装置に必要な波長の種類の数だけ別々に用意するか、または、OPO などのように、複数種類の波長のレーザ光を一台で出射し得る大型で高価な装置を用意せざるを得なかった。

【0005】本発明の目的は、コンパクトで簡単な構造でありながら、一台の装置で、複数種の波長のレーザ光を容易に切り換えて出力することが可能な多色の固体レ

ーザ装置を提供することである。

#### 【0006】

【課題を解決するための手段】本発明の固体レーザー装置は、以下の特徴を有するものである。

(1) 波長上方変換レーザー装置において、励起光源と、該励起光源からの光を波長上方変換し複数のピーク波長光として放出し得る希土類含有塩化物からなるレーザー活性媒体と、光共振器装置とを有し、該光共振器装置は、レーザー活性媒体から発せられる光をレーザー発振させ得る光路上においてレーザー活性媒体を1対で挟む反射器の組を複数組備え、その複数組のうちの1組が、レーザー発振させ得る光路上に他の組と交換自在にレーザー活性媒体を挟んで配置される構造を有し、反射器の各組は、前記複数のピーク波長光のうちから1つのピーク波長光だけを選択的にレーザー発振させるものであり、反射器の各組がレーザー発振させる特定のピーク波長光は反射器の組ごとに互いに異なる波長であり、一つのレーザー装置において異なる複数のピーク波長光が選択的にレーザー発振されるものであることを特徴とする固体レーザー装置。

【0007】(2) 波長上方変換レーザー装置において、励起光源と、該励起光源からの光を波長上方変換し複数のピーク波長光として放出し得る希土類含有塩化物からなるレーザー活性媒体と、光共振器装置とを有し、該光共振器装置は、レーザー活性媒体から発せられる光をレーザー発振させ得る光路上においてレーザー活性媒体を挟む1対の反射器のうち、一方の反射器を、固定された一つの反射器として共有されるものとし、他方の反射器を、複数の反射器と交換自在とすることにより、複数の反射器の組が形成されるものであって、これら他方の反射器は、前記複数のピーク波長光のうちから1つのピーク波長光だけを選択的に反射するものであり、その各々の反射器が反射するピーク波長光は反射器ごとに互いに異なる波長であり、前記一方の固定された一つの反射器は、前記他方の複数の反射器が反射するピーク波長光を全て反射するものであり、一つのレーザー装置において異なる複数のピーク波長光が選択的にレーザー発振されるものであることを特徴とする固体レーザー装置。

【0008】(3) 上記光共振器装置における、光路上の反射器と他の反射器とが自在に交換される構造が、光路外に置かれた一つの回転軸を中心として複数の反射器が回転的に移動することによって、反射器が一つずつ光路上に移動して交換される構造である上記(1)または(2)記載の固体レーザー装置。

【0009】(4) 光路外に置かれた一つの回転軸を中心として複数の反射器が回転的に移動し交換される構造が、光路に平行な回転軸を中心として回転する回転板と、該回転板上の同一円周上に配置された複数の反射器とを有する構造である上記(3)記載の固体レーザー装置。

【0010】(5) 上記光共振器装置における、光路上

の反射器と他の反射器とが自在に交換される構造が、複数の反射器が同一直線上に配置され、直線的に移動することによって、反射器が一つずつ光路上に移動して交換される構造である上記(1)または(2)記載の固体レーザー装置。

【0011】(6) レーザ発振される光が、赤色、緑色、青色の領域の波長の光である上記(1)ないし

(5) いずれかに記載の固体レーザー装置。

【0012】(7) レーザ活性媒体の希土類含有塩化物が、Er含有塩化物結晶またはEr含有塩化物ガラスであって、励起光源からの光の波長が、790nm～840nm、965nm～985nm、または1500nm～1550nmの中から選ばれる1種類以上の波長である上記(1)ないし(6) いずれかに記載の固体レーザー装置。

【0013】(8) Er含有塩化物結晶が、ErBa<sub>2</sub>Cl<sub>7</sub>結晶であって、励起光源からの光の波長が、965nm～985nmである上記(7)記載の固体レーザー装置。

【0014】(9) 各ピーク波長光におけるレーザー光の出力強度を均一とし得るように、反射器が反射率を調整されたものであることを特徴とする上記(1)ないし

(8) いずれかに記載の固体レーザー装置。

#### 【0015】

【作用】本発明の多色の固体レーザー装置では、励起光源からの光を波長上方変換し、複数種類のピーク波長光として放出し得る希土類含有塩化物をレーザー活性媒体として用いている。ピーク波長光は、特定の波長を中心とする狭い波長域において光強度がピークを示す光であって、そのピーク部分をさして1つと数える。上記、波長上方変換されて放出された複数種類のピーク波長光のうちから、一つのピーク波長光だけを選択的にレーザー発振させ得る1対1組の反射器を、選択すべきピーク波長光の数に相当する組数だけ用意し、これら反射器の複数組のなかから一組だけを、他の組と交換自在にレーザー発振させる光路上に移動させて発振波長を容易に選択し得る構成の光共振器装置を用いている。ただし、各組の反射器は、1対の反射器のうち一方を共通の反射器として複数組で共有し、他方の反射器だけが複数交換されることで複数の組を構成するものであってもよい。また逆に、ピーク波長光ごとに1対の反射器ごとと交換するものとし、反射器の組を選択すべきピーク波長光の数に相当する組数だけ用意するものであってもよい。

【0016】上記構成とすることによって、励起されたレーザー活性媒体から発せられる複数のピーク波長光のうち、選択すべきピーク波長光のみを、光共振器装置を用いて容易に選択でき、レーザー発振させて出力することができる。従って、共通の励起光源、1つのレーザー活性媒体を共有した小型で簡単な構成の固体レーザー装置でありながら、複数の波長のレーザー光を容易に切り換えて出力

できる装置となる。

【0017】さらに、レーザ活性媒体から発せられる複数のピーク波長光は、各波長ごとに光強度が相違するのが通常であり、これによってレーザ出力も各波長ごとに光強度が相違する。各波長の光を互いに同じ強度でレーザ出力したい場合は、各反射器の反射率を各ピーク波長光のレーザ活性媒体からの発光強度に応じて調整すればよい。即ち、光強度が強い波長に対してはその波長の反射率を低くすることにより、各波長において出力光強度が均一な多色レーザ装置が得られる。ただし、ここでいう均一は、実使用上での許容誤差を有する略均一な状態を含む。

【0018】また、レーザ活性媒体として、赤色、緑色、青色の波長域のピーク波長光を発するものを用いれば、フルカラーレーザ装置とすることが可能となる。この場合、赤色、緑色、青色のピーク波長光の強度に応じて反射器の反射率を調整すれば、各色の出力強度が互いに略均一なフルカラーレーザ装置とできるのでより好ましい。勿論、各色の出力強度の均一性が要求されない用途では、反射率が同様な反射器を用いれば良い。

#### 【0019】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施態様をより詳細に説明する。図1は、本発明による多色固体レーザ装置の一例を模式的に示す図である。同図において、1は励起光源、2はレーザ活性媒体、6は光共振器装置である。レーザ活性媒体2は、励起光源1からの光L1を波長上方変換し、複数種類のピーク波長光として放出し得る希土類含有塩化物である。

【0020】光共振器装置6は、図1のように、レーザ活性媒体2を挟んで、レーザ発振可能な光路上に配置される一対一組の反射器を光共振器としてこれを複数組有する装置である。同図の例では、各組の反射器のうち、片側の反射器が各組共通の反射器として固定され、他方の側の反射器がレーザ発振可能な光路上に交換自在に配置される構造であって、これによって反射器の組が複数となる構成である。

【0021】同図の例では、反射器3が各組共通の固定された反射器である。また、交換される側の反射器は、簡単に説明するために2者択一の構成が示されている。選択された方の反射器4aは光路上に配置され、反射器3と共に、一対一組の反射器を構成している。また、交換される側の反射器は、レーザ活性媒体によって波長上方変換され放出された複数のピーク波長光のうちから1つのピーク波長光だけを選択的に反射させるものであり、選択すべきピーク波長光の数だけ設けられる。固定された反射器3は、交換される側の反射器4a、4bが反射するピーク波長光を、一台で全て反射し得るものである。また、同図の例では、励起光は反射器3を透過してレーザ活性媒体に入射する。なお、他の付属品の図示は省略している。

【0022】上記構成の多色固体レーザ装置において、励起光源1から発せられた励起光L1がレーザ活性媒体2に入射することによって、レーザ活性媒体2は励起されて種々の波長の光を放出する。本発明では、その中でも特に波長上方変換されたピーク波長光を対象とする。波長上方変換されたピーク波長光のうち、光共振器装置において光路上に配置された反射器が選択的に反射したピーク波長光L2だけがレーザ発振し、外部にレーザ光L3として出力される。従って、光共振器装置の片側の反射器だけを他の反射器と、または、一対の反射器ごとを他の一対の反射器と交換するだけで、それらに対応するピーク波長光が選択され、異なる波長のレーザ光の出力が得られる。

【0023】レーザ活性媒体に用いられる希土類含有塩化物は、励起光を波長上方変換し、より短い波長の光を複数種類だけ発する物質が用いられる。なかでも特開平7-97572号公報に示されるように、Er含有塩化物結晶は好ましく、特にErBa<sub>2</sub>Cl<sub>7</sub>結晶は、波長965nm~985nmの励起光を照射すると、波長上方変換によって、赤色、緑色、青色の波長域におけるピーク波長光を放出し、前述のフルカラーレーザ装置の構築には好適な物質である。

【0024】励起光源としては、励起光として必要な所定の波長の光を、レーザ発振に必要なパワーでレーザ活性媒体に入射させることが可能なものであればよい。具体的には、近赤外の半導体レーザまたはそれらによって励起されたNd:YAGレーザなどが例示されるが、これらのなかでもコンパクト化のためには半導体レーザが最も好ましい。また、励起光源は連続発振でもパルス発振でもよい。

【0025】光共振器装置が有する個々の反射器は、レーザ活性媒体から発せられた複数のピーク波長光のうちから1つだけを選択的に反射しレーザ発振させるものであればよい。このような反射器の組を必要な波長の数だけ用意し、光路上に交換自在に配置し得る構造とする。反射器の交換は、図1の例のように、一対の反射器のうち一方を固定し他方だけを交換することで必要な組を構成する態様や、必要な反射器の組を全て構成しておき、常に一対一組同士を交換する態様などが挙げられる。

【0026】これらの態様のなかでも、一方の反射器を固定し、他方の反射器を交換する構造がコンパクトで好ましい。このとき固定される側の反射器は、交換される他方の反射器によって選択される波長の光全てを反射し得る共通の反射器とする。

【0027】これらいずれの態様であっても、片側の反射器を他の反射器と交換するための好ましい構造としては次のものが挙げられる。

(a) 交換されるべき複数の反射器が、光路外に置かれた回転軸を中心として回転的に移動することによって、

1つつ光路上に移動し交換される構造。

(b) 交換されるべき複数の反射器が同一直線上に配置され、これらが直線的に移動することによって、1つつ光路上に移動し交換される構造。反射器の交換が、常に一対一組として交換される場合には、レーザ活性媒体を挟んで両側に同じ交換構造を設け、両側同時に交換動作を行えばよい。

【0028】上記(a)の構造の具体例としては、図1に示すような、光路外にあって該光路に平行な回転軸Yを中心として回転する回転板による反射器の交換が挙げられる。交換されるべき反射器4a、4bは、光路に平行な軸Yを中心として回転する回転板5の所定の円周上、即ち、レーザ発振の光路上に対応する円周上に配置され、回転板5が軸Yを中心として回転することによってこれら反射器が光路上に移動し交換される。

【0029】上記(b)の構造の具体例としては、所定の長さの板に、交換されるべき反射器が直線的に配置され、この板が、映写機の光軸に対するフィルムの動作のように、レーザ発振の光軸に対して直線的に移動することによって反射器が交換される構造が挙げられる。

【0030】一つのピーク波長光だけを反射し得る反射器としては、例えば誘電体多層膜により形成した高反射膜が挙げられる。一方、共通の反射器として片側に固定する反射器は、交換される反射器によって反射されるピーク波長光を全て反射させ、かつ、全てレーザ発振させることが可能なものとする。このような反射器としては、例えば励起光のみを透過するバンドパスフィルターが挙げられる。

【0031】一方の反射器を固定し、他方の反射器を交換する構造とする場合、これら固定される反射器と交換される反射器のうちのどちらをレーザ活性媒体に対して励起光入射側、レーザ光出射側としてもよい。また、固定される反射器の態様は、レーザ活性媒体に対して間隔をおいて設ける態様(図1に例示する態様)であっても、コーティングなどによってレーザ活性媒体端面に直接形成したミラーとする態様であってもよい。

【0032】既述の通り、各ピーク波長光ごとの出力強度の均一化を図りたい場合は、交換される反射器の反射率をレーザ活性媒体のピーク波長光の強度に応じて調整する。即ち、光強度が強いピーク波長光に対しては、その波長を選択する反射器の反射率を下げ、光強度が弱い他のピーク波長光と略同一の光強度となるようにし、各色におけるレーザ光出力の均一化を図る。

#### 【0033】

【実施例】上記説明および図1で示したような多色固体レーザ装置の構成を用いて、実際にレーザ発振波長の選択が可能かどうかを確認する実験を行った。ただし、本実施例では、選択すべきピーク波長光の波長は3種類とした。これに伴い、光共振器装置の回転板上の反射器の数も3となり、回転板面の同一円周上に120°間隔で

3か所配置した。レーザ活性媒体としてErBa<sub>2</sub>Cl<sub>3</sub>、単結晶を用い、これに対して中心波長982nm、最大出力1WのCW半導体レーザを励起光として照射したところ、レーザ活性媒体から発せられた光は、図2に示すような、赤色、緑色、青色の波長域にピークを有するスペクトルを有するものであった。これらの多数のピークの中から波長上方変換によって放出された460nm、550nm、640nmの3種類の波長を選択し、それぞれのピーク波長光のみを反射させる3種類の反射器を用意し、レーザ活性媒体の片側に交換自在な反射器として用いた。また、他方の固定された共通の反射器としては、400~700nmの範囲で高反射コーティングが施されているものを用意し、いずれの波長でもレーザ発振が可能な構造とした。

【0034】励起光源である上記半導体レーザから、2つの光共振器ミラーのうち一方を透過させて、レーザ活性媒体に励起光を照射したところ、460nmのみを反射させる反射器を光路上に配置した場合は波長460nmのレーザ光が発振し、同様に、550nmの反射器では550nmのレーザ光が、640nmの反射器では640nmのレーザ光が発振し、これら3つの反射器を交換するだけで、上記3種類のレーザ光が得られることが確認できた。

【0035】また、図2のグラフからも明らかなように、レーザ活性媒体によって波長上方変換され放出されたピーク波長光の中でも、460nmのピーク波長光が他の波長のピーク波長光に比べて光強度が弱い。本実施例では、550nm、640nmのピーク波長光を反射させる反射器の反射率を低く調整した。これによって、励起光の強さを各ピーク波長光毎に変えることなく、出射されるレーザ光の出力を460nmのレーザ光と同等に揃えることが可能であることが確認できた。

【0036】本実施例における光共振器装置では、片方の反射器を固定し共通としたが、選択すべき波長全てに対して反射器を一対ずつ用意し、光共振器の交換の際には一対の反射器ごと交換する態様であっても、同様の結果が得られた。

#### 【0037】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の多色固体レーザ装置は、波長上方変換によって1つのレーザ活性媒体から発せられる複数種類のピーク波長光を、光共振器装置を用いた反射器の簡単な交換によって選択することにより、複数種類の波長のレーザ光を一台の装置で出力することができる。従って、各波長のレーザ光を放出するレーザ装置を個別に用意する必要がない。また、同じ励起光源、1つのレーザ活性媒体を共有するものであるため、装置が大がかりなものにはならない。従って、多色のレーザ光を使い分ける必要があるときのシステムの構成が容易になる。また、レーザ活性媒体から発せられるピーク波長光に光強度のばらつきがあっても、反射

器の反射率を各々最適化することによって、一定の励起光で、どの波長も均等な強さのレーザー光を出力させることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明による固体レーザー装置の一例を模式的に示す図である。

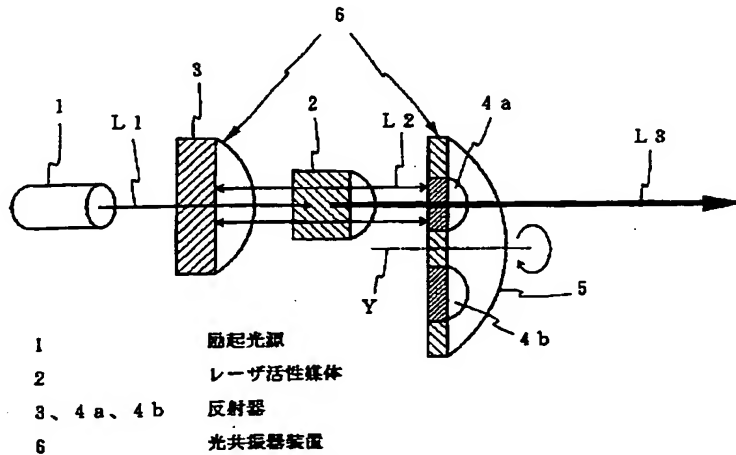
【図 2】  $\text{ErBa}_2\text{Cl}_7$  単結晶に対して中心波長 98

2 nm の CW 半導体レーザー光を励起光として照射し、発せられた蛍光のスペクトルを示すグラフ図である。

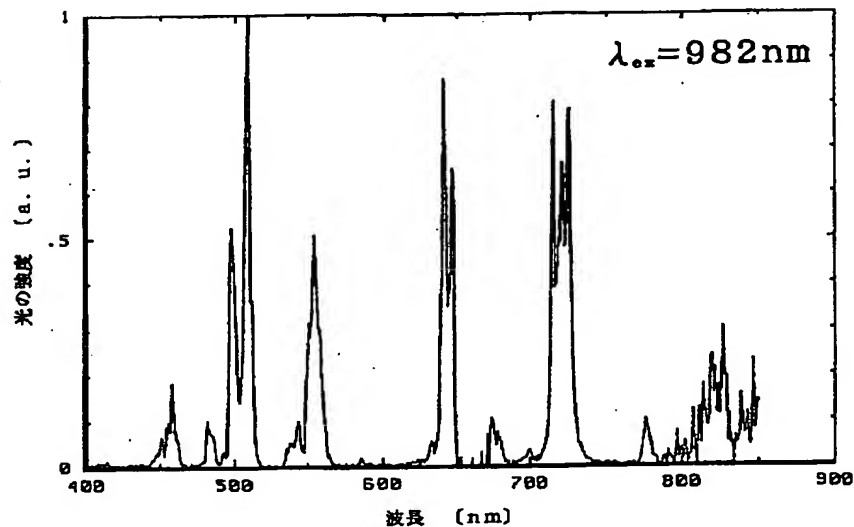
【符号の説明】

- |           |          |
|-----------|----------|
| 1         | 励起光源     |
| 2         | レーザー活性媒体 |
| 3、4 a、4 b | 反射器      |
| 6         | 光共振器装置   |

【図 1】



【図 2】



フロントページの続き

(72)発明者 谷口 浩一  
兵庫県伊丹市池尻 4 丁目 3 番地 三菱電線  
工業株式会社伊丹製作所内

(72)発明者 白石 浩之  
埼玉県大宮市北袋町 1 丁目 297 番地 三菱  
マテリアル株式会社総合研究所内